



Bureau de la sécurité
des transports
du Canada

Transportation
Safety Board
of Canada



RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A19C0070

Perte de puissance des deux moteurs lors de la montée initiale

North Star Air Itée
Aéronef Douglas DC-3C de Basler Turbo Conversions TP67, C-FKGL
Lac Eabamet (Ontario)
21 juin 2019

Canada

À PROPOS DE CE RAPPORT D'ENQUÊTE

Ce rapport est le résultat d'une enquête sur un événement de catégorie 3. Pour de plus amples renseignements, se référer à la Politique de classification des événements au www.bst.gc.ca.

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales.

CONDITIONS D'UTILISATION

Utilisation dans le cadre d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre

La *Loi sur le Bureau canadien d'enquête sur les accidents de transport et de la sécurité des transports* stipule que :

- 7(3) Les conclusions du Bureau ne peuvent s'interpréter comme attribuant ou déterminant les responsabilités civiles ou pénales.
- 7(4) Les conclusions du Bureau ne lient pas les parties à une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Par conséquent, les enquêtes du BST et les rapports qui en découlent ne sont pas créés pour être utilisés dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.

Avisiez le BST par écrit si ces documents sont utilisés ou pourraient être utilisés dans le cadre d'une telle procédure.

Reproduction non commerciale

À moins d'avis contraire, vous pouvez reproduire le contenu en totalité ou en partie à des fins non commerciales, dans un format quelconque, sans frais ni autre permission, à condition :

- de faire preuve de diligence raisonnable quant à la précision du contenu reproduit;
- de préciser le titre complet du contenu reproduit, ainsi que de stipuler que le Bureau de la sécurité des transports du Canada est l'auteur;
- de préciser qu'il s'agit d'une reproduction de la version disponible au [URL où le document original se trouve].

Reproduction commerciale

À moins d'avis contraire, il est interdit de reproduire le contenu du présent site Web, en totalité ou en partie, à des fins de diffusion commerciale sans avoir obtenu au préalable la permission écrite du BST.

Contenu faisant l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie

Une partie du contenu du présent site Web (notamment les images pour lesquelles une source autre que le BST est citée) fait l'objet du droit d'auteur d'une tierce partie et est protégé par la *Loi sur le droit d'auteur* et des ententes internationales. Pour des renseignements sur la propriété et les restrictions en matière des droits d'auteurs, veuillez communiquer avec le BST.

Citation

Bureau de la sécurité des transports du Canada, *Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A19C0070* (publié le 31 août 2020).

Bureau de la sécurité des transports du Canada
200, promenade du Portage, 4^e étage
Gatineau QC K1A 1K8
819-994-3741; 1-800-387-3557
www.bst.gc.ca
communications@tsb.gc.ca

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le Bureau de la sécurité des transports du Canada, 2020
Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A19C0070

N° de cat. TU3-10/19-0070F-PDF
ISBN 978-0-660-35820-8

Le présent rapport se trouve sur le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada à l'adresse www.bst.gc.ca

This report is also available in English.

Table des matières

1.0 Renseignements de base	2
1.1 Déroulement du vol	2
1.2 Tués et blessés	3
1.3 Dommages à l'aéronef	3
1.4 Autres dommages	3
1.5 Renseignements sur le personnel	4
1.6 Renseignements sur l'aéronef	4
1.6.1 Généralités	4
1.6.2 Certificats de type supplémentaires	5
1.6.3 Bloc manette	6
1.6.4 Circuit carburant de l'aéronef	9
1.6.5 Circuit d'allumage du moteur	10
1.6.6 Procédure de démarrage du moteur	11
1.6.7 Train d'atterrissage principal	12
1.6.8 Système de mise en drapeau automatique des hélices	13
1.7 Renseignements météorologiques	15
1.8 Aides à la navigation	15
1.9 Communications	15
1.10 Renseignements sur l'aérodrome	15
1.11 Enregistreurs de bord	15
1.11.1 Enregistreur de conversations de poste de pilotage	16
1.11.2 Enregistreur de données de vol	18
1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact	19
1.13 Renseignements médicaux et pathologiques	22
1.14 Incendie	22
1.15 Questions relatives à la survie des occupants	22
1.15.1 Ceintures de sécurité	22
1.16 Essais et recherche	24
1.16.1 Rapports de laboratoire du BST	24
1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion	24
1.17.1 Procédures d'utilisation normalisées	24
1.17.2 Listes de vérification	25
1.18 Renseignements supplémentaires	27
1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces	27
2.0 Analyse	28
2.1 Généralités	28
2.2 Analyse des signatures acoustiques	28
2.3 Poignées de commande du train d'atterrissage	29
2.4 Aménagement et ergonomie du bloc manette	29
2.5 Mises à jour de la liste de vérification	30
2.6 Rallumage des moteurs en vol	30

2.7	Système de mise en drapeau automatique des hélices.....	31
2.8	Ceintures de sécurité	32
3.0	Faits établis	33
3.1	Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs.....	33
3.2	Faits établis quant aux risques	33
3.3	Autres faits établis.....	33
4.0	Mesures de sécurité	34
4.1	Mesures de sécurité prises	34

RAPPORT D'ENQUÊTE SUR LA SÉCURITÉ DU TRANSPORT AÉRIEN A19C0070

PERTE DE PUISSANCE DES DEUX MOTEURS LORS DE LA MONTÉE INITIALE

North Star Air Ltée

Aéronef Douglas DC-3C de Basler Turbo Conversions TP67, C-FKGL

Lac Eabamet (Ontario)

21 juin 2019

Le Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) a enquêté sur cet événement dans le but de promouvoir la sécurité des transports. Le Bureau n'est pas habilité à attribuer ni à déterminer les responsabilités civiles ou pénales. **Le présent rapport n'est pas créé pour être utilisé dans le contexte d'une procédure judiciaire, disciplinaire ou autre.** Voir Conditions d'utilisation à la page ii.

Résumé

Le 21 juin 2019, vers 1 h 40, heure avancée de l'Est, un aéronef Douglas DC-3C de Basler Turbo Conversions TP67 exploité par North Star Air Ltée (immatriculation C-FKGL, numéro de série 19066) effectuait un vol entre l'aéroport de Fort Hope (CYFH), en Ontario, et l'aéroport de Pickle Lake (CYPL), en Ontario, avec 2 membres d'équipage de conduite à bord. Peu après le décollage de l'aéronef, ses 2 moteurs (Pratt & Whitney Canada PT6A-67R) ont subi une perte de puissance en même temps. L'équipage de conduite a effectué un amerrissage forcé sur le lac Eabamet (Ontario). Après l'amerrissage, l'équipage a évacué l'aéronef par la porte principale de la cabine et a regagné la rive à la nage. Le Service de police Nishnawbe-Aski est intervenu et a amené l'équipage dans un poste de soins infirmiers pour se faire soigner. Aucun des membres de l'équipage de conduite n'a été blessé. L'aéronef a été lourdement endommagé, mais aucun incendie ne s'est déclaré après l'impact. Le Centre conjoint de coordination de sauvetage à Trenton (Ontario) n'a reçu aucun signal de radiobalise de repérage d'urgence au moment de l'accident, mais en a reçu un environ 4 heures après l'accident. L'accident est survenu pendant les heures d'obscurité.

1.0 RENSEIGNEMENTS DE BASE

1.1 Déroulement du vol

Le 20 juin 2019, un aéronef Douglas DC-3C de Basler Turbo Conversions TP67 (DC3-TP67) exploité par North Star Air Ltée (North Star Air) (immatriculation C-FKGL, numéro de série 19066) effectuait une série de vols selon les règles de vol à vue entre l'aéroport de Pickle Lake (CYPL), en Ontario, et l'aéroport de Fort Hope (CYFH), en Ontario.

Chacun de ces vols visait à livrer 5940 L de carburant diesel à la collectivité de la Première Nation d'Eabametoong, également connue sous le nom de Fort Hope. L'aéronef était équipé d'un réservoir souple de 6815 L¹ fixé au plancher.

L'équipage de conduite s'est présenté au travail à 18 h 30² le 20 juin 2019 à la base aérienne North Star de CYPL et a avitaillé l'aéronef. Entre 19 h 14 le 20 juin et 1 h 10 le 21 juin, l'aéronef a effectué 3 allers-retours de CYPL à CYFH, transportant ainsi 5940 L de carburant par vol. Le déchargement du carburant diesel a pris environ 20 minutes et a nécessité que l'équipage de conduite installe une pompe et fixe des raccords de tuyau.

Avant de quitter CYFH pour effectuer le vol à l'étude, l'équipage a complété la liste de vérification préalable au décollage, qui exige que le système de mise en drapeau automatique des hélices soit activé pour le décollage. L'équipage n'a cependant pas armé ce système.

Vers 1 h 40, l'aéronef a décollé de CYFH. Le premier officier était le pilote aux commandes (PF), assis dans le siège droit, et le commandant de bord était le pilote qui n'est pas aux commandes (PNF), assis dans le siège gauche. Peu après le décollage, le PF a demandé à ce que le train d'atterrissage soit rentré. Le PNF a demandé à ce que le train d'atterrissage soit rentré à environ 200 pieds au-dessus du sol (AGL). Les 2 moteurs ont ensuite connu une perte de puissance simultanée et l'équipage de conduite a effectué un amerrissage forcé sur le lac Eabamet (Ontario), dans l'obscurité totale (figure 1).

Le fuselage de l'aéronef est resté intact et a immédiatement commencé à se remplir d'eau. L'équipage de conduite a récupéré la trousse de survie, a évacué l'aéronef par la porte principale de la cabine et a nagé jusqu'à la rive.

Une fois sur la rive, l'équipage de conduite a allumé un feu pour se réchauffer. Un patrouilleur du Service de police Nishnawbe-Aski ayant remarqué ce feu a intervenu et a transporté l'équipage au poste de soins infirmiers du bureau du conseil de bande de la Première Nation d'Eabametoong pour une évaluation médicale. Aucun des membres de l'équipage de conduite n'a été blessé.

¹ L'utilisation d'un réservoir souple est approuvée par le certificat d'équivalence n° SU 10638 (renouvellement 19) de Transports Canada, en vigueur depuis le 30 novembre 2018.

² Les heures sont exprimées en heure avancée de l'Est (temps universel coordonné moins 4 heures).

L'aéronef a été lourdement endommagé, mais aucun incendie ne s'est déclaré après l'impact. L'aéronef flottait toujours sur l'eau.

Le Centre conjoint de coordination de sauvetage à Trenton (Ontario) n'a reçu aucun signal de la radiobalise de repérage d'urgence (ELT) au moment de l'accident. L'ELT s'est toutefois activée environ 4 heures après l'accident. L'enquête n'a pas permis de déterminer pourquoi l'activation de l'ELT avait ainsi été retardée.

Figure 1. Carte indiquant le lieu de l'événement (Source : Google Earth, avec annotations du BST)



1.2 Tués et blessés

Tableau 1. Tués et blessés

Blessures	Équipage	Passagers	Autres	Total
Mortelles	0	-	-	0
Graves	0	-	-	0
Légères/Aucune	2	-	-	2
Total	2	-	-	2

1.3 Dommages à l'aéronef

L'aéronef a subi d'importants dommages.

1.4 Autres dommages

Il y avait un risque de contamination de l'eau attribuable aux fuites de carburant et d'huile de l'aéronef. Les tests de contamination de l'eau effectués pour le compte de North Star Air

après l'accident indiquaient que la qualité de l'eau répondait aux objectifs provinciaux de qualité d'eau établis par la province de l'Ontario³.

1.5 Renseignements sur le personnel

Tableau 2. Renseignements sur le personnel

	Commandant de bord	Premier officier
Licence de pilote	Licence de pilote de ligne	Licence de pilote professionnel
Date d'expiration du certificat médical	1 ^{er} avril 2020	1 ^{er} février 2020
Heures de vol au total	14 000	4000
Heures de vol sur type	2500	800
Heures de vol au cours des 7 jours précédant l'événement	37,4	37,4
Heures de vol au cours des 30 jours précédant l'événement	90,4	90,4
Heures de vol au cours des 90 jours précédant l'événement	178	223
Heures de vol sur type au cours des 90 derniers jours précédant l'événement	178	223
Heures de service avant l'événement	8	8
Heures hors service avant la période de travail	11	11

Le commandant de bord s'était joint à North Star Air en tant que commandant de bord en avril 2017 et avait terminé sa formation initiale le 3 juillet 2017. Il détenait un certificat médical de catégorie 1 valide sans restriction. Il avait réussi son plus récent contrôle de compétence pilote sur le DC3-TP67 le 1^{er} mars 2019.

Le premier officier s'était joint North Star Air en tant que premier officier en mai 2018 et avait terminé sa formation initiale le 25 juin 2018. Il détenait un certificat médical de catégorie 1 valide sans restriction. Il avait réussi son plus récent contrôle de compétence pilote sur le DC3-TP67 le 1^{er} juin 2019.

1.6 Renseignements sur l'aéronef

1.6.1 Généralités

L'aéronef en cause a été fabriqué aux États-Unis par la Douglas Aircraft Company en 1942 et était initialement équipé de 2 moteurs à pistons Twin Wasp R-1830. Il s'agit d'un aéronef à

³ Government de l'Ontario, « Gestion de l'eau : politiques, lignes directrices, objectifs provinciaux de qualité de l'eau » (1994), Section 2 : Provincial Water Quality Objectives (anglais seulement), à l'adresse <https://www.ontario.ca/page/water-management-policies-guidelines-provincial-water-quality-objectives#section-2> (dernière consultation le 20 août 2020).

voilure basse équipé d'un train d'atterrissage principal rétractable et d'une roue de queue non rétractable.

La réglementation en vigueur au moment de la construction de l'aéronef stipulait que, pour ce modèle d'aéronef, le nombre maximal d'occupants, ce qui comprend l'équipage de conduite, était de 35. La réglementation actuelle prévoit la même disposition⁴.

1.6.2 Certificats de type supplémentaires

Avant d'être importé au Canada, l'aéronef a été modifié conformément aux exigences de plusieurs certificats de type supplémentaires (STC), notamment :

- Le STC SA00-9 de Transports Canada (TC)⁵, qui est basé sur le STC SA4840NM de la Federal Aviation Administration des États-Unis (FAA) et qui approuve les modifications suivantes de la cellule de l'aéronef :
 - turbopropulseurs PT6A-67R de Pratt & Whitney Canada;
 - hélices Hartzell HC-B5MA-3/M11276 ou M11691N, modèle K;
 - circuit carburant modifié⁶.
- Le STC ST302CH de la FAA⁷, qui approuve l'ajout de ceintures-baudriers aux systèmes de retenue de l'équipage de conduite.
- Le STC SA08-51 de TC⁸, qui est basé sur le STC ST00435DE de la FAA et qui approuve la reconfiguration de l'aéronef pour une capacité maximale de 19 passagers.

TC a délivré un certificat de navigabilité pour l'aéronef le 27 février 2014.

⁴ Federal Aviation Administration (FAA), *Code of Federal Regulations* (CFR), Titre 14 : Aeronautics and Space, Partie 91 : General Operating and Flight Rules, Sous-Partie G : Additional Equipment and Operating Requirements for Large and Transport Category Aircraft, article 91.607 : Emergency exits for airplanes carrying passengers for hire.

⁵ Transports Canada, Certificat de type supplémentaire (STC) SA00-9, Installation of Pratt & Whitney PT6A-67R engines, Hartzell HC-B5MA-3/M11276 or HC-B5MA-3/M11691N, K model propellers, modified fuel system, revised electrical system, and forward fuselage extension in accordance with FAA STC SA4840NM, édition n° 3 (12 décembre 2012).

⁶ Les modifications au système d'alimentation en carburant ont été apportées conformément à la ligne directrice Federal Aviation Administration (FAA), *Code of Federal Regulations* (CFR), Titre 14 : Aeronautics and Space, Partie 25 : Airworthiness Standards: Transport Category Airplanes, articles 25.951, 25.952 et 25.953.

⁷ Federal Aviation Administration (FAA), Certificat de type supplémentaire (STC) ST302CH, Install flight crew restraints according to Drawing List 01-2093L, aucune révision, version datée du 4 janvier 1995 ou version ultérieure approuvée par la FAA (publiée le 24 février 1995).

⁸ Transports Canada, Certificat de type supplémentaire (STC) SA08-51, Reconfigure Aircraft to a Maximum Seating of Nineteen (19) Passengers in accordance with FAA STC ST00435DE, édition n° 1 (9 juin 2008).

Tableau 3. Renseignements sur l'aéronef

Constructeur	Douglas Aircraft Company
Type, modèle et immatriculation	DC3-TP67, C-FKGL
Année de construction	1942
Numéro de série	19 066
Date d'émission du certificat de navigabilité / permis de vol	27 février 2014
Total d'heures de vol cellule	22 769,5 heures
Type de moteur (nombre de moteurs)	Pratt & Whitney Canada PT6A-67R (2)
Type d'hélice ou de rotor (nombre d'hélices)	Hartzell HC-B5MA-3M (2)
Masse maximale autorisée au décollage	30 000 lb
Type(s) de carburant recommandé(s)	Jet A, Jet A-1, Jet B
Type de carburant utilisé	Jet A-1

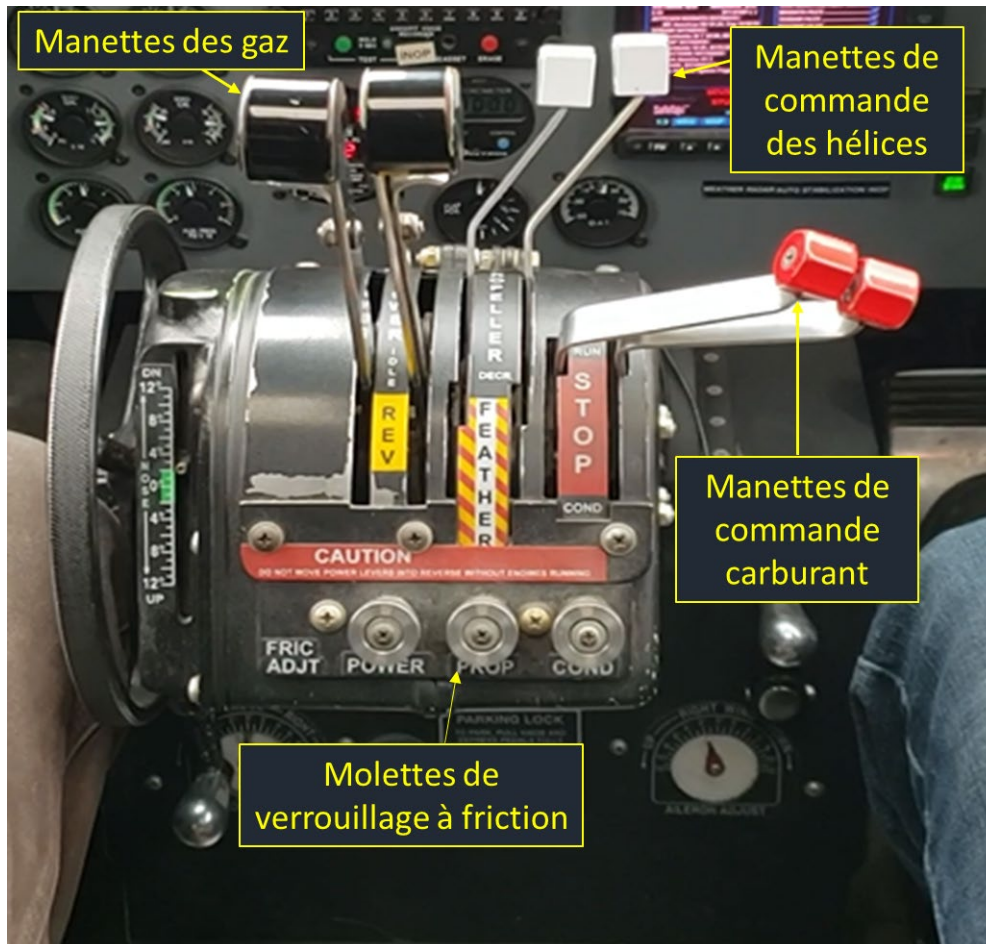
North Star Air avait effectué une inspection de maintenance de 150 heures le 11 juin 2019 et une inspection quotidienne le 20 juin 2019. Aucun défaut n'avait été signalé avant le vol à l'étude.

L'aéronef avait une masse à vide de base de 16 429,7 livres et le poids de décollage enregistré avant le vol à l'étude de 18 416 livres. Le réservoir souple était vide pendant le vol à l'étude. L'enquête a déterminé que le poids et le centre de gravité étaient dans les limites prescrites.

1.6.3 Bloc manette

Le bloc manette consiste en des manettes des gaz, des manettes de commande des hélices, des manettes de commande carburant et des molettes de verrouillage à friction (figure 2).

Figure 2. Image du bloc manette montrant les manettes des gaz, les manettes de commande des hélices, les manettes de commande carburant et les molettes de verrouillage à friction (Source : BST)



Un ensemble de manettes est associé à chaque moteur et son hélice. Les 2 pilotes ont un accès fonctionnel à tous les ensembles de manettes. L'aménagement repose sur l'utilisation de différentes couleurs, tailles et formes pour faciliter l'identification visuelle et tactile. Le codage par des couleurs et des formes, et le regroupement des couleurs et des formes pour ces manettes est une pratique courante dans l'industrie.

Les manettes de commande carburant de cet aéronef sont situées en retrait à la droite du bloc manette et sont inclinées vers le siège droit. Cette mise en retrait vise à ce que ces manettes ne fassent pas obstacle à l'utilisation des manettes de commande des hélices. Les manettes de commande carburant arrêtent le débit de carburant vers les moteurs lorsqu'elles sont abaissées (à la position STOP [arrêt]). Pour alimenter les moteurs en carburant, les manettes de commande carburant doivent être relevées (à la position RUN [en marche]) et maintenues dans cette position au moyen d'une butée. De par sa conception, la manette de commande carburant oblige les membres de l'équipage de conduite à effectuer un mouvement le long de 2 axes; pour abaisser la manette de commande carburant et ainsi la dégager de la butée, le pilote doit déplacer la manette légèrement vers la gauche, puis vers le bas. De cette façon, il est possible d'abaisser les 2 manettes de commande carburant en même temps et avec une seule main.

Sur l'aéronef à l'étude, le débit de carburant des moteurs s'arrête complètement lorsque les manettes sont placées sous la lettre « O » du mot « STOP » (cette position peut varier d'un aéronef à l'autre).

Des molettes de verrouillage à friction, également illustrées à la figure 2, sont placées sous chacune des manettes et permettent à l'équipage de conduite d'appliquer une résistance aux manettes.

1.6.3.1 Ergonomie

La conception, l'affichage et la disposition des commandes visent à établir un équilibre entre la fonctionnalité, l'efficacité, la facilité d'utilisation et la sécurité. La disposition des commandes dans le poste de pilotage tient compte de leur importance, de leur fréquence d'utilisation, de leur séquence d'utilisation ou du regroupement par fonctions. Différentes mesures permettent d'éviter les mouvements non intentionnels des commandes, par exemple lorsqu'un pilote heurte accidentellement une commande ou actionne la mauvaise commande. On a trouvé des compromis entre, d'une part, les mesures qui visent à prévenir les mouvements non intentionnels et, d'autre part, la facilité d'utilisation des commandes, étant donné que ces mesures peuvent rendre les commandes plus difficiles à utiliser. La discipline et le respect des procédures dans le poste de pilotage permettent de réduire les risques de mouvements involontaires. Les mesures de prévention qui visent à réduire l'incidence des mouvements non intentionnels sont les suivantes^{9,10} :

- l'utilisation d'indicateurs tactiles et visuels;
- l'emplacement et l'orientation des commandes;
- une résistance suffisante;
- les opérations complexes, comme les mouvements le long de 2 axes;
- les mécanismes de verrouillage ou d'enclenchement;
- la restriction de l'accès aux manettes au moyen d'une barrière physique ou d'un logement, ou alors par le positionnement des commandes hors de la portée normale du pilote.

Les enquêteurs du Bureau de la sécurité des transports du Canada (BST) ont évalué le mouvement non intentionnel des manettes de commande carburant en tentant d'atteindre le levier de commande à mécanisme de verrouillage et la poignée de commande du train d'atterrissage, toutes deux situées sur le plancher du poste de pilotage entre les sièges de pilote (figure 3), dans un aéronef DC3-TP67 représentatif de l'aéronef à l'étude. Leurs essais ont été réalisés pendant la journée, alors que l'aéronef était au sol et que ses moteurs étaient éteints, dans un environnement statique. Lorsque l'aéronef est au sol, il est

⁹ D. Harris, *Human Performance on the Flight Deck* (Ashgate Publishing, Ltd., 1^{er} octobre 2012), p. 97 et 98.

¹⁰ Federal Aviation Administration (FAA), HF-STD-001, *Human Factors Design Standard For Acquisition of Commercial-Off-The-Shelf Subsystems, Non-Developmental Items, and Developmental Systems* (mai 2003), chapitre 6 : Control and Visual Indicators.

impossible de soulever la poignée du train d'atterrissage. Pendant la phase initiale de la montée, la nuit, l'éclairage est limité dans le poste de pilotage, l'aéronef est en cabré et l'équipage est dans un environnement dynamique. Les principales observations effectuées dans le cadre des essais limités effectués par le BST étaient les suivantes :

- Lorsqu'un pilote est assis dans le siège droit, s'il effectuait avec son bras gauche complètement tendu un mouvement continu derrière le bloc manette et touchait les manettes de commande carburant, il était difficile de libérer simultanément les 2 manettes de commande carburant de leur butée pour les abaisser. Le contact avec les manettes est physiquement palpable.
- Lorsqu'un pilote est assis dans le siège gauche, il est plus probable d'effectuer un mouvement involontaire des manettes de commande carburant avec ses mains qu'avec ses bras.
- Le mouvement non intentionnel des manettes de commande carburant était beaucoup plus probable lorsque les manettes n'étaient pas sécurisées dans leur butée individuelle.
- Lorsque les molettes de verrouillage à friction étaient ajustées à une faible résistance, la résistance des manettes de commande carburant était tout de même suffisamment importante pour aider à empêcher les mouvements non intentionnels.
- Lorsque le pilote assis dans le siège gauche porte des manches longues, et plus particulièrement une combinaison de vol comportant des manchettes¹¹, le risque de heurter les manettes de commande carburant devenait alors plus important. Il demeurait toutefois plus probable que celui-ci n'accroche qu'une seule des manettes de commande carburant.

1.6.4 Circuit carburant de l'aéronef

L'aéronef à l'étude est équipé du circuit carburant régulier de Basler Turbo Conversions. Ce système comprend 2 réservoirs dans la section centrale de l'aile gauche et 2 réservoirs dans la section centrale de l'aile droite. Ces réservoirs sont désignés comme étant les réservoirs principaux et auxiliaires. Les réservoirs auxiliaires transfèrent le carburant vers les réservoirs principaux, lesquels approvisionnent en carburant leurs moteurs respectifs.

Le carburant doit être mélangé à un additif antiglace pour carburant dont la concentration est d'un minimum de 0,06 % à un maximum de 0,15 %. Si le carburant n'a pas été prémélangé en raffinerie, le mélange de l'additif doit être effectué au moment du

¹¹ Le PNF du vol à l'étude portait une camisole, une chemise de golf, un chandail léger et des pantalons de travail de marque Carhartt.

ravitaillement en carburant de l'aéronef. L'ajout de cet additif vise à empêcher les filtres à carburant de se boucher à cause du givrage et à réduire le risque d'extinction du moteur.

L'enquête a permis de déterminer que le carburant livré à l'exploitant avait été prémélangé et respectait les niveaux de concentration en fonction du volume qui sont indiqués dans le supplément au manuel de vol (AFMS)¹².

Les réservoirs principaux contiennent les pompes d'appoint de carburant principale et auxiliaires. Les pompes sont immergées dans le carburant que contient le réservoir. Les pompes d'appoint de carburant principales fonctionnent normalement du démarrage à l'arrêt du moteur; les pompes auxiliaires, lorsqu'elles sont mises en mode AUTO, commencent normalement à fonctionner lorsque la pompe d'appoint de carburant principale de l'aéronef tombe en panne.

Les robinets de commande carburant et sélecteur de carburant de l'aéronef sont électriques et actionnés lorsque l'on effectue des sélections et des changements dans le panneau de commande du circuit carburant dans le poste de pilotage.

1.6.5 Circuit d'allumage du moteur

Le moteur PT6A-67R utilise un bloc excitateur électronique de type condensateur à semi-conducteurs qui fournit simultanément de l'électricité haute tension à 2 bougies d'allumage indépendantes. Le circuit continue de fonctionner même si l'un des allumeurs est hors service. Le circuit d'allumage fonctionne lorsque les sélecteurs d'allumage sont placés en position START (démarrage) ou CONT¹³.

L'AFMS indique dans quelles circonstances les sélecteurs d'allumage doivent être réglés à CONT. Dans la révision 13 de l'AFMS, publiée le 10 janvier 2018, on a ajouté un énoncé indiquant que les sélecteurs d'allumage doivent être réglés à CONT au moment de la (dernière) vérification avant le décollage¹⁴.

Les procédures d'utilisation normalisées (SOP) et les listes de vérification de North Star Air n'indiquent pas aux pilotes à quel moment les sélecteurs d'allumage doivent être réglés sur CONT.

¹² Basler Turbo Conversions, LLC, Rapport n° ER512-011, *FAA Approved Airplane Flight Manual for the Model DC3-TP67*, révision 13 (approuvée par la FAA le 10 janvier 2018).

¹³ En mode CONT, le circuit d'allumage fonctionne de manière continue. En mode START, le circuit d'allumage ne fonctionne que pendant la séquence de démarrage du moteur.

¹⁴ Basler Turbo Conversions, LLC, Rapport n° ER512-011, *FAA Approved Airplane Flight Manual for the Model DC3-TP67*, révision 13 (approuvée par la FAA le 10 janvier 2018), chapitre 3 : Normal Procedures, p. 3-10.

1.6.6 Procédure de démarrage du moteur

Le moteur PT6A-67R de Pratt & Whitney Canada, comme tous les autres moteurs à turbine, nécessite un approvisionnement continu en carburant et en air pour fonctionner.

Lorsque l'aéronef est au sol, avant que le premier moteur ait été mis en marche, les manettes des gaz sont réglées sur IDLE (ralenti), les manettes de commande des hélices sont réglées à FEATHER (mise en drapeau) et les manettes de commande carburant sont réglées à la position STOP. De plus, les pompes d'appoint de carburant auxiliaires sont mises en mode AUTO (automatique) et les pompes principales sont en mode ON (en marche)¹⁵.

Le premier moteur est mis en marche lorsque le sélecteur d'allumage approprié est réglé à la position START et que l'on appuie sur le bouton START pour embrayer le démarreur. Après l'accélération du moteur et sa stabilisation au-dessus de 12 % du régime du générateur de gaz (Ng), on place les manettes de commande carburant en position RUN avant de les immobiliser en place au moyen de la butée. Cette action permet d'alimenter le moteur en carburant, ce qui entraîne l'inflammation du carburant et l'accélération du moteur. Lorsque le moteur atteint environ 50 % du Ng, le démarreur se débraye automatiquement et il devient possible pour le pilote de contrôler le moteur au moyen des manettes des gaz. Cette procédure doit être répétée pour démarrer le deuxième moteur¹⁶.

1.6.6.1 Rallumage d'un moteur en vol

Un moteur qui s'est éteint en vol en raison d'une interruption momentanée de son alimentation en air ou en carburant devrait se rallumer automatiquement si les sélecteurs d'allumage sont en position CONT.

Les SOP de North Star Air fournissent aux équipages de conduite 2 procédures d'urgence différentes pour le rallumage des moteurs en vol : une procédure pour l'hélice en moulinet et une procédure d'aide au démarrage¹⁷. Ces procédures sont basées sur l'AFMS¹⁸.

La procédure de rallumage d'une hélice en moulinet exige que l'aéronef vole à une vitesse indiquée en nœuds (KIAS) de 160. Cette action permet au moteur d'atteindre une vitesse de Ng suffisante (soit moins 10 %). Pour atteindre cette vitesse, il est toutefois possible que l'aéronef soit contraint de descendre. Cette procédure peut être menée à bien sans aide au démarrage.

¹⁵ Ibid., p. 3-6 et 3-7.

¹⁶ Ibid., p. 3-7.

¹⁷ North Star Air Itée, *DC-3T Standard Operating Procedures*, révision 1 (29 janvier 2019), section 3 : Abnormal/Emergency Procedures, p. 3.6-1 et 3.6-2.

¹⁸ Basler Turbo Conversions, LLC, Rapport n° ER512-011, *FAA Approved Airplane Flight Manual for the Model DC3-TP67*, révision 13 (approuvée par la FAA le 10 janvier 2018), chapitre 2 : Operating Procedures, p. 2-11.

Les SOP indiquent ce qui suit [traduction] :

ATTENTION : Sauf en cas d'urgence réelle, il n'est pas recommandé d'utiliser la procédure pour l'hélice en moulinet afin de redémarrer le moteur en vol. Étant donné la forte probabilité que le moteur subisse des dommages pendant le redémarrage en moulinet, cette procédure ne devrait pas être utilisée pour les séances de formation, mais uniquement pour les urgences en vol¹⁹.

Pour minimiser les dommages subis par le moteur au moment du redémarrage en moulinet, les SOP indiquent que les manettes des gaz doivent être en position IDLE avant de régler les manettes de commande carburant en position RUN²⁰. Si cette procédure n'est pas suivie, il se pourrait que le moteur réagisse rapidement, ce qui entraînerait une saute de régime, un décrochage du compresseur, un échauffement excessif du moteur, ou alors la vitesse excessive, ou le surcouple, du Ng.

La procédure d'aide au démarrage n'est associée à aucune limite de vitesse, mais exige l'atteinte d'un seuil minimal de 10 % du Ng avant de placer la manette de commande carburant en position RUN. Les SOP indiquent ce qui suit [traduction] :

REMARQUE : Le « rallumage » devrait normalement être obtenu dans un délai de 10 secondes et provoquera l'augmentation du nombre de tours par minute du générateur de gaz. Une augmentation de la TI [température interturbine] aura également lieu²¹.

Si le Ng est inférieur au niveau recommandé, il se pourrait qu'il soit impossible de rallumer le moteur. Il faudrait donc dans la mesure du possible utiliser la procédure de rallumage au moyen des démarreurs pour permettre la stabilisation du Ng.

1.6.7 Train d'atterrissage principal

Une pompe hydraulique est installée sur chaque moteur afin d'accroître la pression du circuit hydraulique. Dans la mesure où l'un des moteurs fonctionne, il demeure possible de faire fonctionner le système du train d'atterrissage principal par pression hydraulique. Le train d'atterrissage principal est actionné au moyen d'une poignée de commande du train d'atterrissage à 3 positions située à l'arrière et à gauche du siège droit. Le levier de commande à mécanisme de verrouillage offre une autre façon de maintenir le train d'atterrissage complètement sorti en cas de panne du circuit hydraulique. Cette poignée se trouve sur le plancher du poste de pilotage à droite du siège gauche (figure 3)²².

¹⁹ North Star Air Itée, *DC-3T Standard Operating Procedures*, révision 1 (29 janvier 2019), section 3 : Abnormal/Emergency Procedures, p. 3.6-2.

²⁰ Ibid., p. 3.6-1.

²¹ Ibid.

²² Basler Turbo Conversions, LLC, Rapport n° ER512-011, *FAA Approved Airplane Flight Manual for the Model DC3-TP67*, révision 13 (approuvée par la FAA le 10 janvier 2018), chapitre 3 : Normal Procedures, p. 3-32.

Figure 3. Poignée de commande du train d'atterrissage principal et levier de commande à mécanisme de verrouillage (Source : BST)



L'emplacement des poignées peut engendrer différents défis ergonomiques étant donné que certains pilotes pourraient avoir besoin de se pencher ou de se tourner pour les atteindre. Lorsque le pilote du siège gauche doit rentrer le train d'atterrissage, il déverrouille le levier de commande à mécanisme de verrouillage en appuyant sur celle-ci avec sa main droite avant de la pousser vers l'avant avec un doigt. Le pilote dans le siège gauche tire ensuite la poignée vers le haut. Il se tourne ensuite vers l'arrière et soulève d'une main (la main droite) la poignée de commande du train d'atterrissage.

Le pilote du siège gauche pourrait utiliser sa main gauche pour se stabiliser. Cependant, il n'existe aucune poignée ou position recommandée pour la main gauche du pilote lorsque celui-ci se tourne vers l'arrière pour soulever, avec sa main droite, la poignée du train d'atterrissage. Le pilote peut donc placer sa main gauche à proximité du bloc manette ou sur celui-ci.

La même procédure, effectuée avec les mains opposées, doit être suivie lorsque le pilote du siège droit doit rentrer le train.

1.6.8 Système de mise en drapeau automatique des hélices

Le système de mise en drapeau automatique des hélices sert principalement à réduire de façon rapide la traînée que provoque un moteur en panne, sans que l'équipage de conduite n'ait besoin de faire quoi que ce soit.

L'aéronef DC3-TP67 est certifié en vertu du titre 14 du *Code of Federal Regulations* (CFR), partie 25, Airworthiness Standards: Transport Category Airplanes, qui exige que les aéronefs à 2 moteurs maintiennent une pente de montée de 1,2 % à la masse maximale autorisée au décollage lorsqu'ils subissent une panne moteur au décollage²³.

Le CFR stipule également ce qui suit [traduction] :

La configuration de l'avion ne doit pas être modifiée, à l'exception de la rentrée du train d'atterrissage et de la mise en drapeau automatique des hélices, et aucun changement de puissance ou de poussée exigeant une action de la part du pilote ne doit être effectué jusqu'à ce que l'avion soit à 400 pieds au-dessus de la surface de décollage²⁴.

La mise en drapeau automatique des hélices permet à l'aéronef de répondre aux exigences de franchissement d'obstacles si l'un des moteurs tombe en panne au décollage.

Un commutateur à bascule à 3 positions, situé sur le panneau supérieur du pilote, contrôle le système de mise en drapeau automatique des hélices. Ce dispositif est également contrôlé par 2 interrupteurs d'activation secondaires dans le bloc manette. Les interrupteurs d'activation secondaires sont installés de façon à être actionnés lorsque les manettes de commande de chaque moteur sont dans une position permettant d'atteindre une vitesse de 92 % à 94 % Ng.

Lorsque le commutateur à bascule à 3 positions est en position ARM (armer), les 2 voyants lumineux de chaque côté du commutateur indiquent ARMED. Les voyants lumineux indiquent READY (prêt) lorsque leurs systèmes respectifs ont été activés.

Si les manettes des gaz ont été réglées en position de puissance ou de couple pour le décollage et si les 2 interrupteurs d'activation secondaires ont été actionnés par le positionnement de la manette des gaz, le voyant READY s'allumera après environ 5 secondes pour indiquer que le système de mise en drapeau automatique des hélices a été activé.

Un interrupteur de détecteur de couple installé sur chacun des moteurs surveille la puissance des moteurs. Dans la mesure où le système de mise en drapeau automatique des hélices est armé (ARMED) et indique READY (prêt), ce détecteur de couple installé sur le moteur se fermera si la puissance du moteur diminue en dessous d'environ 25 %. Lorsque le détecteur de couple se ferme, le circuit d'activation est complété, ce qui engendre l'activation du solénoïde régulateur de survitesse de l'hélice et une baisse de la pression d'huile dans le moyeu de l'hélice. Cela permet ainsi au ressort de mise en drapeau de l'hélice de régler l'hélice en position de mise en drapeau.

²³ Federal Aviation Administration (FAA), *Code of Federal Regulations* (CFR), Titre 14 : Aeronautics and Space, Partie 25 : Airworthiness Standards: Transport Category Airplanes, Sous-partie B : Flight, article 25.111 : Takeoff path, sous-alinéa 25.111(c)(3)(i).

²⁴ Ibid., alinéa 25.111(c)(4).

L'enquête a permis de déterminer qu'à des températures plus froides, les moteurs pouvaient atteindre leur limite de couple pour le décollage avant que les manettes des gaz n'aient atteint les interrupteurs d'activation secondaires du bloc manette. Ainsi, le voyant READY ne s'allume jamais. Voilà pourquoi certains pilotes, y compris l'équipage de conduite dans l'événement à l'étude, ne règlent pas le système de mise en drapeau automatique à ARM. À 16 °C (la température au moment du vol à l'étude), les manettes des gaz auraient atteint les interrupteurs d'activation secondaires, ce qui aurait armé le système de mise en drapeau automatique s'il avait été réglé à la position ARM.

1.7 Renseignements météorologiques

L'accident est survenu pendant les heures d'obscurité. Les renseignements météorologiques recueillis à partir du Système d'information météorologique limitée²⁵ à CYPL à 1 h le 21 juin étaient les suivants :

- vent soufflant du 100° vrai (V) à 7 nœuds;
- température de 16 °C;
- point de rosée à 6 °C;
- calage altimétrique de 29,96 pouces de mercure.

Les conditions météorologiques au moment de l'événement ne sont pas considérées comme ayant contribué à cet incident.

1.8 Aides à la navigation

Sans objet.

1.9 Communications

Sans objet.

1.10 Renseignements sur l'aérodrome

L'élévation de CYFH est de 899 mètres au-dessus du niveau de la mer. L'aéroport a 1 piste éclairée d'est en ouest à surface de gravier, soit la piste 09/27, d'une longueur de 3497 pieds. Le lac Eabamet se trouve à environ 250 pieds à l'ouest de l'extrémité de départ de la piste 27.

1.11 Enregistreurs de bord

L'aéronef était équipé d'un enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR) et d'un enregistreur de données de vol (FDR), même si la réglementation ne l'exigeait pas. Au

²⁵ Un Système d'information météorologique limitée est un « [s]ystème d'information météorologique automatisé qui produit un rapport horaire contenant des données sur la vitesse et la direction des vents, la température, le point de rosée et le calage de l'altimètre ». (Source : TERMINAV, base de données terminologique de NAV CANADA).

moment de l'événement, le disjoncteur du FDR était muni d'une bague et portait une mention indiquant qu'il était hors service, et il n'avait pas été utilisé depuis plus de 2 ans.

1.11.1 Enregistreur de conversations de poste de pilotage

L'aéronef était équipé d'un CVR L3 de modèle FA 2100 capable d'enregistrer 120 minutes de données audio de haute qualité sur 4 canaux. Ce CVR enregistre le microphone du poste de pilotage, le microphone du commandant de bord, le microphone du premier officier et toutes les transmissions reçues sur la fréquence radio de communication choisie pour l'aéronef, y compris l'interphone.

Les données du CVR ont été récupérées avec succès et cet enregistrement a été jugé d'excellente qualité.

1.11.1.1 Données de signature acoustique

Une analyse approfondie a été effectuée afin de déterminer si différents renseignements tirés du CVR pouvaient permettre d'améliorer la compréhension de ce qui s'est passé pendant le vol à l'étude. Le canal du CVR pour le microphone dans le poste de pilotage comportait des données acoustiques pertinentes qui se sont révélées essentielles à la réalisation d'une analyse approfondie.

Cinq vols individuels ont été enregistrés sur le CVR; 4 de ces vols, y compris le vol à l'étude, ont été enregistrés dans leur intégralité. Le vol à l'étude a duré environ 50 secondes, ce qui comprend le moment de l'impact avec le cours d'eau.

L'environnement acoustique du poste de pilotage a été évalué afin de déterminer s'il était possible de relever des signatures acoustiques spécifiques communes entre le vol à l'étude et les vols précédents. On a relevé, entre autres, les signatures associées à l'isolement et au calcul des vitesses d'hélice, la transcription des conversations des membres de l'équipage, ainsi que l'identification des alertes sonores et des clics causés par le mouvement des manettes des moteurs et des autres commandes du poste de pilotage.

Le STC de Basler Turbo Conversions indique que la vitesse nominale au décollage est de 1700 tr/min. Les 4 décollages enregistrés indiquaient tous des vitesses d'hélice au décollage d'environ 1692 tr/min, ce qui a permis de confirmer que l'approximation de la vitesse des hélices tirée des données audio était raisonnable.

Les événements du vol à l'étude ont été examinés en détail afin de les comparer à un départ sans incident.

Pendant les 3 décollages normaux, il a été possible d'entendre les 2 mêmes clics, suivis de la signature acoustique liée à l'escamotage du train d'atterrissage. Le temps de déploiement du système dans son ensemble a duré 16,6 secondes et était uniforme pour chaque décollage normal. Dans le cadre de chacun de ces 3 vols, aucun autre événement acoustique distinct n'a été entendu entre le moment après que l'on eut commandé l'escamotage du train d'atterrissage et la réalisation de l'annonce de 400 pieds par l'équipage (voir la section 1.17.1). L'annonce de 400 pieds prévoyait l'arrêt du système automatique de mise

en drapeau des hélices et le réglage de la puissance de montée. Pendant le vol à l'étude, l'aéronef n'ayant pas atteint l'altitude de 400 pieds AGL, aucune annonce de 400 pieds n'a été effectuée.

Pendant le vol à l'étude, l'environnement acoustique au décollage a commencé d'une façon similaire à l'environnement acoustique au décollage des 3 vols précédents. Une fois la puissance réglée, les 2 clics associés au mouvement de la poignée du train d'atterrissage se sont fait entendre. Ces clics ont été suivis, peu de temps après, par le bruit associé à l'escamotage du train d'atterrissage. Cette opération a toutefois été interrompue environ 1 seconde après son commencement. Cette interruption coïncidait alors avec 2 clics supplémentaires et la réduction rapide de la vitesse de l'hélice. Les bruits associés à l'impact ont été entendus environ 17 secondes après que la vitesse des hélices eut commencé à diminuer.

On s'est penché sur la source des clics qui se sont fait entendre au moment où les moteurs décéléraient, et on a émis l'hypothèse que ces clics étaient attribuables à l'entrée en contact des manettes de commande carburant avec le bas de leur fente sur le pylône de commande, au moment où ces manettes ont été réglées à la position STOP.

L'analyse acoustique a également permis de confirmer que l'on n'avait effectué aucun réglage de la puissance ou de la manette de l'hélice avant de réduire la puissance du moteur sur les vols analysés.

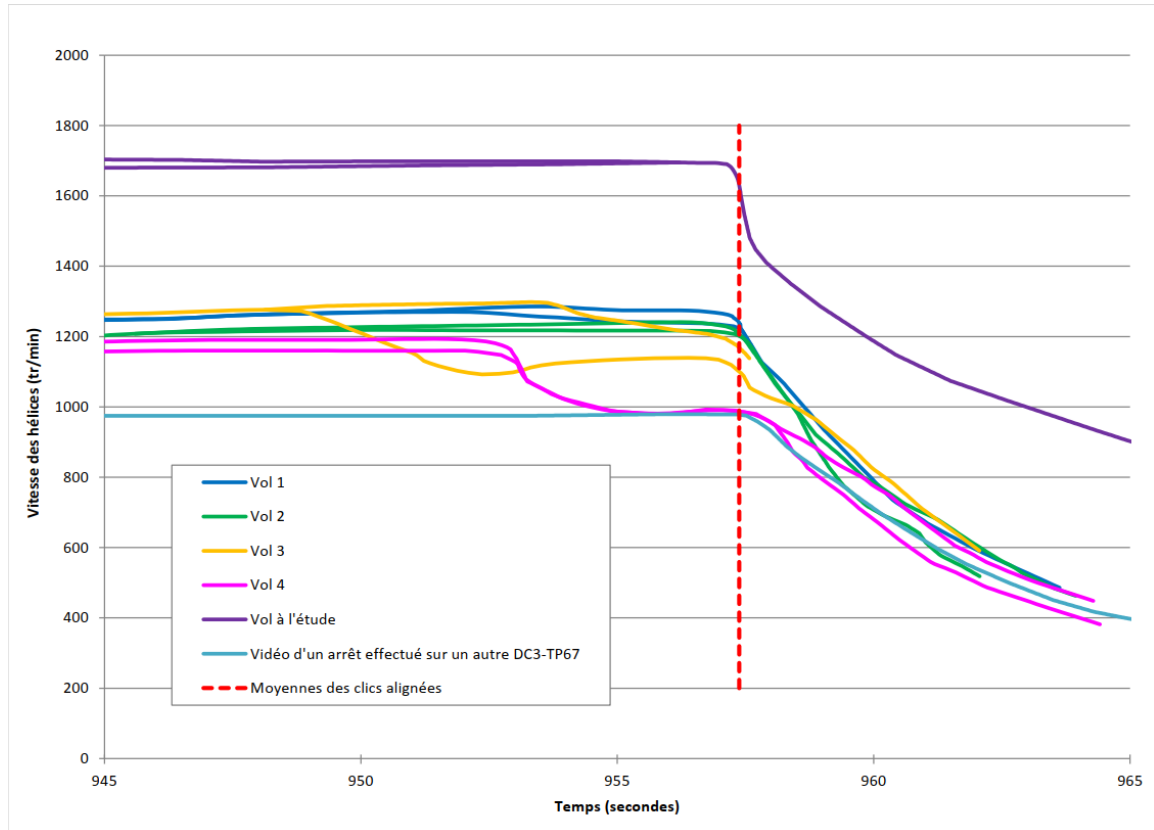
Aux fins de l'enquête, le BST a créé une vidéo indiquant de quelle façon les manettes de commande carburant auraient pu faire ce bruit. Dans la vidéo, on pouvait voir un enquêteur du BST manipuler les manettes de commande carburant pendant qu'il était assis dans le siège gauche. La vidéo a été filmée au moyen d'une caméra placée derrière l'enquêteur et directement entre les sièges de l'équipage de conduite. Dans la vidéo, on pouvait clairement entendre des clics au moment où les manettes entraient en contact avec la console stationnaire. Le mouvement latéral des manettes contre le pylône de commande produisait également un son perceptible.

Les tracés des vitesses d'hélice de tous les arrêts ayant été entendus sur l'enregistrement du CVR ont été fusionnés pour former un seul tracé, lequel a ensuite été comparé à l'arrêt observé dans la vidéo. Chaque arrêt a été harmonisé en associant la moyenne des clics d'arrêt à un point commun dans le temps. Pour ce faire, on a établi une compensation pour chacun des arrêts qui permettait d'harmoniser chaque moyenne au point correspondant à la moyenne du premier arrêt. Les compensations ont ensuite été appliquées aux courbes de vitesse d'hélice correspondantes afin de déterminer si le début de la diminution des vitesses d'hélices et le moment de l'arrêt coïncidaient.

Les détails des courbes de vitesse des hélices pour les 4 vols précédant le vol à l'étude, ceux du vol à l'étude et la vidéo d'un arrêt filmé sur un autre aéronef DC3-TP67 de North Star Air ont été synchronisés à un moment commun (figure 4). Ce tracé montre une corrélation entre les clics associés à chaque arrêt du moteur et le moment auquel la vitesse des hélices commence à diminuer. La tendance a été observée dans tous les arrêts normaux enregistrés

sur le CVR, dans le vol à l'étude et dans la vidéo d'un arrêt filmé sur un autre aéronef DC3-TP67 de North Star Air.

Figure 4. Comparaison de la diminution de la vitesse des hélices pendant le vol à l'étude, des 4 précédents arrêts de moteur normaux et de la vidéo d'un arrêt effectué sur un autre aéronef DC3-TP67 de North Star Air à un moment commun (Source : BST)



Dans le cadre du vol à l'étude, on a remarqué une diminution rapide de la vitesse des hélices peu après le décollage. Aucune différence n'a été observée dans les vitesses des hélices des différents moteurs alors que la vitesse des hélices diminuait, ce qui suggère une perte simultanée de la vitesse d'hélice des 2 moteurs.

L'enregistrement audio a également été examiné afin de déterminer si les manettes de commande avaient été remises en position RUN après la perte soudaine de puissance. Bien qu'un certain nombre de clics aient été entendus après la perte soudaine de vitesse des hélices, il n'a pas été possible d'attribuer ces événements acoustiques à une source particulière parce qu'il n'y avait aucune référence aux fins de comparaison.

1.11.2 Enregistreur de données de vol

Au Canada, l'article 605.33 du *Règlement de l'aviation canadien* (RAC) comprend la réglementation sur les FDR qui s'appliquent aux aéronefs à turbine multimoteurs.

Étant donné que l'aéronef à l'étude était exploité en vertu d'un certificat de type supplémentaire approuvé par TC qui limitait le nombre de sièges passagers à 19 ou moins,

la réglementation n'exigeait pas l'utilisation d'un FDR. Un FDR avait toutefois été installé à bord, mais il avait été désactivé.

Le modèle de FDR installé dans l'aéronef n'enregistrait ni la position des manettes des gaz, des manettes de commande des hélices et des manettes de commande carburant, ni la pression du carburant ou de l'huile, ni la vitesse des hélices.

1.12 Renseignements sur l'épave et sur l'impact

L'aéronef a heurté la surface du lac Eabamet à l'horizontale, l'aile gauche abaissée. Les pales de l'hélice de l'aéronef étaient pliées, mais toujours attachées à leurs moyeux respectifs et aux moteurs. Les ailes et les surfaces de l'empennage sont restées attachées au fuselage.

Les enquêteurs sont arrivés sur les lieux alors que l'aéronef était partiellement submergé et ont effectué un examen de l'aéronef (figure 5). Le bord d'attaque de l'extrémité gauche de l'aile avait subi des dommages par écrasement correspondant aux dommages subis par l'aile gauche en frappant l'eau (figure 6).

Figure 5. Aéronef à l'étude sur le lac Eabamet au moment de la récupération
(Source : Pratt & Whitney Canada)



Figure 6. Extrémité de l'aile gauche de l'aéronef à l'étude présentant des dommages par écrasement (Source : BST)



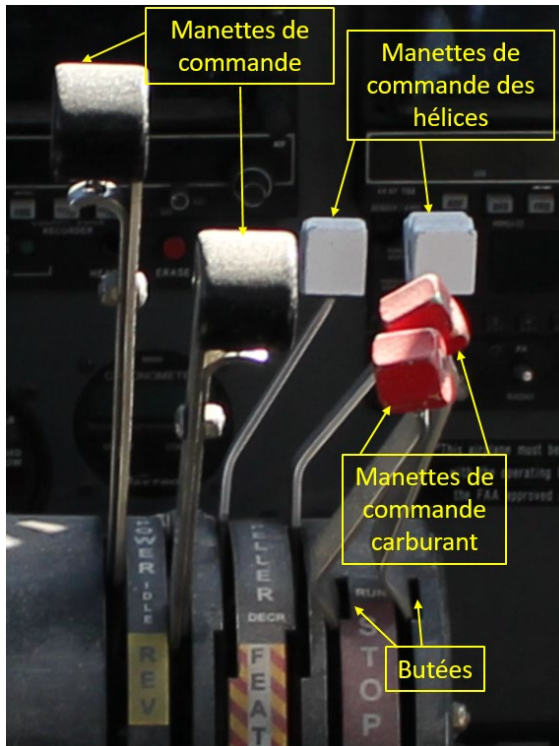
L'inspection visuelle du poste de pilotage, de la cabine et des moteurs s'est limitée aux zones situées au-dessus de la ligne d'eau. L'inspection du poste de pilotage a révélé que les séparateurs inertiels étaient en position de givrage pour le décollage et que le circuit d'allumage de l'aéronef et le système de mise en drapeau automatique des hélices étaient éteints.

L'examen initial du bloc manette (figure 7) a permis d'indiquer ce qui suit :

- La manette des gaz gauche se trouvait en position avant.
- La manette des gaz droite était en position IDLE.
- Les manettes de commande des hélices étaient complètement avancées.
- Les manettes de commande carburant des moteurs gauche et droit étaient courbées et complètement avancées, mais n'étaient pas dans les butées.
- Les molettes de verrouillage à friction avaient été appliquées aux commandes des moteurs et étaient en bon état de fonctionnement.

Une vérification de la continuité des commandes du bloc manette relativement à leurs accessoires de commande des moteurs a été effectuée. Aucune défaillance n'a été relevée.

Figure 7. Bloc manette avec les manettes et les butées identifiées à l'aide d'étiquettes
(Source : BST)



L'aéronef a été récupéré du lac le 9 juillet 2019. Le 11 juillet 2019, les enquêteurs sont retournés à CYFH, où l'aéronef était stationné sur l'aire de trafic de l'aéroport. Les enquêteurs ont examiné l'aéronef, ont constaté que tous ses composants avaient été retrouvés et ont pu confirmer la continuité des commandes de vol.

Le capotage du moteur était exempt de débris et ne présentait aucun signe d'obstruction de la circulation de l'air; aucun obturateur d'entrée d'air n'avait été installé.

Une inspection visuelle des réservoirs principaux de carburant de l'aéronef a permis de constater que tous les bouchons d'avitaillement étaient en place. On a trouvé du carburant uniquement dans les réservoirs principaux. Des échantillons de carburant ont été prélevés dans les réservoirs principaux et dans les principaux filtres à carburant alignés.

Environ 545 L de carburant ont été purgés du réservoir principal gauche et environ 550 L ont été purgés du réservoir principal droit. Les principaux réservoirs de carburant contenaient une petite quantité d'eau, mais on n'a pas trouvé d'eau dans les principaux filtres à carburant intégrés.

Les robinets d'arrêt d'urgence carburant de gauche et de droite ont été trouvés en position ouverte, les indicateurs de dérivation carburant n'avaient pas été activés et le robinet d'intercommunication carburant était fermé.

Les moteurs ont été retirés de l'aéronef et envoyés à Pratt & Whitney Canada. Le 16 septembre 2019, les moteurs ont été démontés pour déterminer s'il y a eu une défaillance mécanique²⁶.

L'enquête n'a permis de révéler aucun indice de défaillance de la cellule, des moteurs, d'un système ou d'un circuit au cours du vol à l'étude.

Le personnel d'entretien de l'exploitant a, par la suite, remplacé les hélices et les moteurs, en plus de réparer la cellule. L'aéronef a ensuite été acheminé par avion vers une installation de réparation et d'entretien.

1.13 Renseignements médicaux et pathologiques

Rien n'a indiqué, au cours de l'enquête, que la fatigue ou des facteurs médicaux aient pu nuire au rendement des pilotes.

1.14 Incendie

On n'a observé aucun signe d'incendie avant ou après l'impact.

1.15 Questions relatives à la survie des occupants

1.15.1 Ceintures de sécurité

Les sièges de l'aéronef étaient équipés de ceintures de sécurité et de ceintures-baudriers, conformément aux exigences du STC ST302CH concernant l'installation des systèmes de retenue de l'équipage de conduite²⁷. Le système de retenue de l'équipage de conduite prévoyait 1 ceinture sous-abdominale et 1 ceinture-baudrier avec enrouleur à inertie pour chaque membre de l'équipage de conduite.

La disposition des interrupteurs et des commutateurs du tableau de bord dans le poste de pilotage de l'aéronef DC3-TP67 peut faire en sorte qu'il soit difficile pour certains membres d'équipage de conduite d'atteindre les commandes du train d'atterrissage, surtout lorsque ceux-ci utilisent leur ceinture-baudrier. Lors du vol à l'étude, l'équipage de conduite portait les ceintures de sécurité, mais pas les ceintures-baudriers. L'équipage de conduite s'est préparé à l'impact et n'a subi aucune blessure.

²⁶ Pratt & Whitney Canada, Service Investigation Accident/Incident Report No. 19-082 (29 septembre 2019).

²⁷ Basler Turbo Conversions, LLC, Supplemental Type Certificate ST302CH : Installation of flight crew restraints (publié le 24 février 1995).

1.15.1.1 Recommandation précédente du BST relativement à la définition de ceinture de sécurité

L'utilisation d'un dispositif de retenue à 3 ou 4 points (ceinture de sécurité et ceinture-baudrier) assure une meilleure répartition des forces d'impact et diminue la gravité des blessures au torse et à la tête.

Le BST a enquêté sur de nombreux accidents²⁸ mettant en cause des aéronefs équipés de ceintures-baudriers détachables, dans lesquels le BST a déterminé que les occupants ne portaient pas les ceintures-baudriers au moment de l'accident.

À la suite de son enquête sur un accident d'hélicoptère survenu à Tweed (Ontario), le BST a déterminé que les passagers n'avaient pas utilisé leurs ceintures-baudriers avec leurs ceintures de sécurité²⁹. Bien que TC ait publié différents documents afin de clarifier la définition de ceinture de sécurité dans le règlement, s'il n'est pas clair dans le règlement que l'utilisation de tous les composants disponibles d'une ceinture de sécurité est obligatoire, il y a un risque que les ceintures-baudriers ne soient pas utilisées comme prévu, ce qui augmente le risque de blessures et de pertes de vie. Par conséquent, le Bureau a recommandé que :

le ministère des Transports modifie le *Règlement de l'aviation canadien* pour éliminer toute ambiguïté relativement à la définition de « ceinture de sécurité ».

Recommandation A19-01 du BST

Dans sa réponse fournie en janvier 2020, TC a indiqué qu'il était d'accord avec la recommandation A19-01 et qu'il avait commencé à effectuer une évaluation de l'impact réglementaire de la modification de la définition de « ceinture de sécurité » au paragraphe 101.1(1) du RAC. TC avait également publié des documents d'orientation concernant l'utilisation correcte des ceintures de sécurité.

Dans son évaluation de la réponse de TC en mars 2020, le Bureau jugeait encourageant le fait que TC avait commencé à prendre des mesures pour régler cette lacune de sécurité. Une modification de la définition de « ceinture de sécurité », une fois entièrement mise en œuvre, devrait réduire les risques associés à la lacune de sécurité décrite dans la recommandation A19-01.

Par conséquent, le Bureau a estimé que la réponse à la recommandation A19-01 dénotait une **intention satisfaisante**³⁰.

²⁸ Une recherche dans la base de données du BST de 1990 à 2018 a permis de relever 62 accidents dans lesquels des ceintures-baudriers étaient installées, mais non utilisées.

²⁹ Rapport d'enquête sur la sécurité du transport aérien A17O0264 du BST.

³⁰ Recommandation A19-01 du BST : définition de « ceinture de sécurité », à l'adresse <https://www.tsb.gc.ca/fra/recommandations-recommendations/aviation/index.html>

1.16 Essais et recherche

1.16.1 Rapports de laboratoire du BST

Le BST a produit les rapports de laboratoire suivants dans le cadre de la présente enquête :

- LP197/2019 – CVR Download and Analysis [Téléchargement et analyse des CVR]
- LP198/2019 – FDR Download [Téléchargement des FDR]
- LP235/2019 – Engine Examination [Examen des moteurs]

1.17 Renseignements sur les organismes et sur la gestion

North Star Air est exploité en vertu des sous-parties 604, 703, 704 et 705 du RAC. La compagnie exploite l'aéronef DC3-TP67 en vertu de la sous-partie 704 (exploitation d'un service aérien de navette), comme permis par une autorisation émise par TC³¹.

1.17.1 Procédures d'utilisation normalisées

Le manuel d'exploitation de la compagnie North Star Air présente en détail les politiques et les procédures que doit suivre l'ensemble de son personnel d'exploitation dans l'exercice de ses fonctions. North Star Air émet également différentes SOP afin d'orienter ses pilotes dans l'exploitation des aéronefs de la compagnie. Les SOP sont spécifiques à chaque type d'aéronef et sont basées sur l'AFMS. Au moment de l'incident, les SOP comportaient différentes procédures fondées sur la révision 12 de l'AFMS, daté du 3 mars 2014. Elles n'avaient toutefois pas intégré les modifications associées à la dernière révision de l'AFMS, c'est-à-dire la révision 13, datée du 10 janvier 2018.

Les SOP visent à améliorer la coordination entre les membres de l'équipage, à éviter les malentendus dans le cadre des communications entre les membres de l'équipage de conduite et à répartir les responsabilités entre le commandant de bord et le premier officier, ainsi qu'entre le PNF et le PF.

Les SOP indiquent qu'au moment de l'annonce « ROTATE » (rotation), le PF doit [traduction] « confirmer la vitesse appropriée sur l'indicateur de vitesse » avant de « placer les deux mains sur le volant de commande pour indiquer que l'on a compris ». Après la rotation, le PNF doit indiquer que l'aéronef est en montée et annoncer « POSITIVE RATE » (vitesse ascensionnelle nette), et le PF doit confirmer ensuite la montée positive et annoncer « GEAR UP » (train d'atterrissage rentré). Le PNF doit alors rentrer le train d'atterrissage³².

³¹ Transports Canada, Autorisation en vertu de l'alinéa 704.01(c) du *Règlement de l'aviation canadien* (publiée le 28 février 2018, entrée en vigueur le 1^{er} mars 2018).

³² North Star Air ltée, *DC-3T Standard Operating Procedures*, révision 1 (29 janvier 2019), section 2 : Normal Procedures, p. 2.8-3.

Les SOP indiquent également que la vitesse de montée initiale devrait être de V_2 ³³. Lorsque l'aéronef passe à 400 pieds AGL et que [traduction] « toutes les indications sont normales et la puissance de décollage n'est plus nécessaire », le PF doit annoncer « CLIMB POWER, AFTER TAKE-OFF CHECK » (puissance de montée, vérification après le décollage)³⁴. À la suite de cette annonce de 400 pieds, le PF doit augmenter la vitesse pour passer à $V_2 + 10$ nœuds et le PNF doit réduire la puissance du moteur pour atteindre un couple de 95 % et 1700 tr/min avant d'exécuter la liste de vérification après le décollage³⁵.

Aucune SOP n'exige d'ajuster les manettes des gaz ou les manettes de commande des hélices après que le puissance au décollage soit réglée et que l'aéronef atteigne une altitude de 400 pieds AGL.

1.17.2 Listes de vérification

Les listes de vérification guident les actions menées par les pilotes pendant les opérations normales, anormales et d'urgence. Elles sont conçues pour veiller à ce que les étapes soient suivies dans un ordre précis et sans omission. Toutefois, les listes de vérification ne garantissent pas qu'une opération est sans risque. Pour être efficaces, les listes de vérification doivent être précises et sans ambiguïté, et les pilotes doivent être formés au bon usage de ces listes.

Certaines listes de vérification sont publiées dans les documents d'aéronef, comme le manuel d'exploitation du pilote ou le manuel de vol approuvé de l'aéronef. De plus, les exploitants aériens ajoutent habituellement leurs propres procédures de listes de vérification à leurs SOP ou à un manuel de référence rapide.

Les SOP de North Star Air indiquent que [traduction] « les listes de vérification des aéronefs doivent être utilisées en tout temps³⁶ ». Les SOP de l'aéronef à l'étude indiquent les faits suivants [traduction] : « [u]ne fois commencés, les vérifications et les exercices doivent être exécutés dans l'ordre prévu jusqu'à ce qu'ils soient terminés. Aucun élément ne doit être omis ni interverti³⁷ ». Les enquêteurs du BST ont trouvé des copies des listes de vérification, de même qu'un manuel de référence rapide, dans le poste de pilotage après l'incident.

³³ V_2 représente la vitesse de montée au décollage. Dans le cas de la masse brute maximale au décollage, cette vitesse est de 90 nœuds.

³⁴ North Star Air Itée, *DC-3T Standard Operating Procedures*, révision 1 (29 janvier 2019), section 2 : Normal Procedures, p. 2.8-3.

³⁵ Ibid.

³⁶ Ibid., section 1 : General, p. 1.3-1.

³⁷ Ibid.

Lors du vol à l'étude, l'équipage de conduite a utilisé la liste de vérification suivante avant le décollage, conformément aux SOP [traduction] :

VÉRIFICATION PRÉALABLE AU DÉCOLLAGE

PREMIER OFFICIER	COMMANDANT DE BORD
-------------------------	---------------------------

Compensateurs	Réglés
Volets	Rentrés
Commandes	Vérifiées
Instruments de vol	Vérifiés

Les instruments de vol doivent être vérifiés pour s'assurer qu'ils fonctionnent normalement pendant les virages d'au moins 45 degrés. Le coordonnateur de virage (ou l'indicateur bille-aiguille), le HSI [indicateur de situation horizontale], le RMI [indicateur radio magnétique] et le compas doivent être vérifiés afin d'en assurer le bon fonctionnement.

Radios	Réglées
Exposé sur les départs	Terminé
Mise en drapeau automatique	Armée
Pompes à carburant auxiliaires	En marche
Cabine bouclée	Vérifiée
Transpondeur	En marche
Caps	Vérifiés/Réglés
Feux stroboscopiques	En marche

L'allumage des feux stroboscopiques ne doit pas être effectué tant que l'on n'a pas reçu l'autorisation de décoller.

Projecteurs d'atterrissage	En marche
Roue de queue	Verrouillée

S'assurer que l'aéronef est bien aligné avant de verrouiller la roue de queue³⁸.

Le 10 janvier 2018, la révision 13 de l'AFMS a été approuvée par la FAA. Le 16 mars 2018, Basler Turbo Conversions a envoyé un courriel à North Star Air pour lui indiquer qu'une nouvelle révision de l'AFMS avait été approuvée, et pour lui fournir des directives et des documents afin de lui permettre de modifier son AFMS en supprimant et en remplaçant les

³⁸ Ibid., section 2 : Normal Procedures, p. 2.8-1.

sections appropriées. La révision 13 comportait une mise à jour du chapitre 3, « Chapter 3: Normal Procedures », indiquant que les sélecteurs d'allumage gauche et droit doivent être réglés à CONT pour le décollage et l'atterrissage³⁹. Le 26 mars 2018, North Star Air a accusé réception à Conversions de Basler Turbo de la révision 13, mais n'a pas incorporé cette dernière à l'AFMS.

Par conséquent, au moment de l'accident, les SOP ne contenaient aucune directive selon laquelle les pilotes doivent régler les sélecteurs d'allumage à CONT pour le décollage. Elles n'offraient pas non plus de procédure pour ce faire.

1.18 Renseignements supplémentaires

Sans objet.

1.19 Techniques d'enquête utiles ou efficaces

Sans objet.

³⁹ Basler Turbo Conversions, LLC, Rapport n° ER512-011, *FAA Approved Airplane Flight Manual for the Model DC3-TP67*, révision 13 (approuvée par la FAA le 10 janvier 2018), chapitre 3 : Normal Procedures, p. 3-10 et 3-15.

2.0 ANALYSE

2.1 Généralités

L'enquête n'a permis de révéler aucun indice de défaillance de la cellule, des moteurs, d'un système ou d'un circuit au cours du vol à l'étude.

Étant donné que les moteurs se sont arrêtés en même temps, les enquêteurs considèrent que l'accident pourrait avoir été causé par une manipulation accidentelle des commandes. L'analyse portera donc sur les signatures acoustiques du vol à l'étude et des 4 vols précédents, l'emplacement des poignées de commande du train d'atterrissage et les procédures utilisées par l'exploitant pour mettre à jour les listes de vérification.

L'analyse portera également sur la possibilité de rallumer les moteurs, l'aménagement et l'ergonomie du bloc manette, de même que sur l'utilisation du système de mise en drapeau automatique des hélices.

Enfin, l'analyse se penchera sur l'utilisation des ceintures de sécurité.

2.2 Analyse des signatures acoustiques

L'enregistreur de conversations de poste de pilotage (CVR) a enregistré les 4 vols effectués avant le vol à l'étude. Le bruit causé par une réduction rapide de la vitesse des hélices a été entendu uniquement pendant le vol à l'étude, peu après le décollage. La vitesse des hélices a diminué en même temps et au même rythme sur les 2 moteurs. Une perte de puissance peut survenir simultanément sur 2 moteurs; toutefois, l'arrêt des moteurs survient généralement de façon décalée, c'est-à-dire un moteur qui perd sa puissance avant le 2^e moteur. Dans le cas présent, on a entendu des clics juste avant la réduction de la vitesse des hélices, ce qui indique probablement que les manettes de commande carburant sont entrées en contact avec le pylône de commande lorsqu'elles ont été abaissées (à la position STOP [arrêt]).

L'analyse des signatures acoustiques indique qu'au moment où on a entendu les clics pendant les arrêts normaux des moteurs, il y a eu une réduction immédiate de la vitesse des hélices. Ce phénomène a également été observé dans la vidéo de l'arrêt des moteurs sur un autre aéronef DC3-TP67 exploité par North Star Air Ltée (North Star Air).

Durant les départs qui se sont déroulés sans incident, les signatures acoustiques n'incluaient pas de clics entre le moment où l'on a commandé l'escamotage du train d'atterrissage (UP) et la fin de l'annonce de 400 pieds.

Lors du vol à l'étude, les signatures acoustiques liées au mouvement des poignées de commande du train d'atterrissage et à l'activation du circuit hydraulique indiquaient que le train d'atterrissage avait été réglé à UP. Cependant, le mouvement du train d'atterrissage a été interrompu environ 1 seconde après avoir commencé en raison d'une perte de pression hydraulique. Cette interruption coïncidait avec le bruit des 2 clics et la réduction rapide de la vitesse des hélices.

La réduction rapide de la vitesse des hélices et le bruit des 2 clics laissent croire à un mouvement non intentionnel des manettes de commande carburant, entraînant une coupure de l'alimentation en carburant des 2 moteurs en même temps. Toutefois, l'enquête n'a pas permis de trouver une signature acoustique indiquant, de façon concluante, que les manettes avaient été placées à nouveau en position RUN (en marche). Les manettes des gaz et les manettes de commande des hélices n'ont pas été ajustées avant la réduction de la puissance des moteurs.

2.3 Poignées de commande du train d'atterrissage

L'emplacement des commandes de train d'atterrissage sur l'aéronef DC3-TP67 peut poser des défis ergonomiques à certains pilotes.

Sur le type d'aéronef à l'étude, le pilote qui rentre le train d'atterrissage doit se pencher et/ou se tourner pour atteindre le levier de commande à mécanisme de verrouillage et la poignée de commande du train d'atterrissage. Il doit ensuite lever la poignée de commande du train d'atterrissage d'une seule main. Étant donné qu'aucune poignée ou position n'a été prévue pour la main opposée des pilotes qui tentent de se stabiliser lorsque nécessaire, comme pendant la montée initiale, il y a une probabilité accrue que le pilote place la main en question sur le bloc manette et qu'il déplace une commande par accident.

2.4 Aménagement et ergonomie du bloc manette

Les commandes sont conçues et disposées de façon à établir le juste équilibre entre la fonctionnalité, l'efficacité, la facilité d'utilisation et la sécurité. La disposition des commandes dans le poste de pilotage tient compte de leur importance, de leur fréquence d'utilisation, de leur séquence d'utilisation et du regroupement par fonctions.

Il existe différents moyens de protéger les commandes contre les mouvements involontaires, comme l'utilisation de butées, de molettes de verrouillage à friction ou de mécanismes de verrouillage. Sur l'aéronef à l'étude, on utilise des butées pour verrouiller les manettes de commande carburant dans la position RUN. Les butées sont étroites et les manettes de commande carburant sont longues, ce qui fait en sorte que l'on pourrait heurter les manettes de commande carburant vers la gauche et le bas. On dégage les manettes des butées en les déplaçant dans la même direction; il est donc possible d'abaisser les 2 manettes de commande carburant d'une seule main.

On a trouvé des compromis entre, d'une part, les mesures qui visent à prévenir les mouvements non intentionnels et, d'autre part, la facilité d'utilisation des commandes, étant donné que ces mesures peuvent rendre les commandes plus difficiles à utiliser.

La discipline et le respect des procédures dans le poste de pilotage permettent de réduire les risques de mouvements involontaires. L'aménagement du poste de pilotage repose sur l'utilisation de différentes couleurs, tailles et formes pour faciliter l'identification visuelle et tactile. Le codage par des couleurs et des formes, et le regroupement des couleurs et des formes pour ces manettes est une pratique courante dans l'industrie.

L'analyse de la signature acoustique indique une perte de puissance des 2 moteurs en même temps, ce qui laisse croire que les manettes de commande carburant ont accidentellement été réglées à la position STOP peu après la commande du train d'atterrissage.

Pendant la montée, le pilote aux commandes (PF) avait probablement les 2 mains sur le volant de commande, conformément aux procédures d'utilisation normalisées (SOP). Le pilote qui n'est pas aux commandes (PNF) avait la main droite sur la poignée de commande du train d'atterrissage, et il est possible que sa main et son bras gauche se soient tournés vers le bloc manette. Après avoir soulevé la poignée de commande du train d'atterrissage avec la main droite, le PNF pourrait avoir accidentellement heurté les manettes de commande carburant en se retournant et se stabilisant avec sa main gauche. Par conséquent, après avoir soulevé la poignée de commande du train d'atterrissage, le PNF pourrait avoir accidentellement heurté les manettes de commande carburant, pour ainsi couper l'alimentation en carburant des 2 moteurs en même temps, alors que sa main gauche était sur le bloc manette ou à proximité de celui-ci.

L'aménagement des manettes dans le bloc manette de l'aéronef à l'étude respecte les lignes directrices sur l'ergonomie qui visent à prévenir les mouvements accidentels.

L'aménagement prévoit des indicateurs tactiles et visuels, une résistance aux mouvements et la nécessité d'effectuer les mouvements le long de 2 axes pour protéger l'utilisateur contre les mouvements accidentels. Toutefois, les manettes de commande carburant doivent demeurer utilisables en cas d'urgence lorsqu'il est nécessaire d'arrêter les moteurs.

2.5 Mises à jour de la liste de vérification

L'équipage a suivi la liste de vérification préalable au décollage, qui n'incluait pas le réglage des sélecteurs d'allumage à CONT (mode continu) en prévision du décollage, bien que cette étape était requise dans la dernière révision du supplément au manuel de vol de l'aéronef (AFMS), datée du 10 janvier 2018.

La compagnie a reçu un avis concernant la mise à jour de l'AFMS le 16 mars 2018. L'avis comprenait des directives sur les sections du manuel qui doivent être supprimées ou remplacées. L'enquête n'a pas permis de déterminer pourquoi la procédure mise à jour n'a pas été intégrée à la liste de vérification préalable au décollage de North Star Air.

Si les exploitants ne respectent pas les directives des fabricants sur la modification de leurs procédures, les exploitants utiliseront des procédures d'exploitation incorrectes qui augmenteront les risques de réduire les marges de sécurité.

2.6 Rallumage des moteurs en vol

Le rallumage d'un moteur qui s'est éteint en vol en raison d'une interruption momentanée de son alimentation en air ou en carburant devrait s'effectuer de façon automatique si les sélecteurs d'allumage ont été placés en position CONT. Si les interrupteurs du circuit d'allumage ne sont pas réglés à CONT, comme c'était le cas au moment du vol à l'étude, l'équipage de conduite devra effectuer une procédure de rallumage du moteur en vol.

Les procédures de rallumage des moteurs en vol sont des procédures d'urgence approuvées qui ont été publiées dans les SOP de North Star Air. Ces procédures (mise en drapeau des hélices et aide au démarrage) exigent que les membres de l'équipage de conduite suivent une liste de vérification.

Les procédures de mise en drapeau des hélices exigent que l'aéronef vole à une vitesse minimale de 160 nœuds pour effectuer le rallumage du moteur en vol. Les SOP indiquent que la montée initiale après le décollage, et jusqu'à une altitude de 400 pieds au-dessus du niveau du sol, doit être effectuée à une vitesse de V_2 (environ 90 nœuds), ce qui est inférieur à la vitesse de 160 nœuds exigée dans les procédures de mise en drapeau des hélices. Il aurait été nécessaire que l'équipage augmente la vitesse de l'aéronef en effectuant une descente, mais l'aéronef n'avait pas suffisamment d'altitude pour atteindre la vitesse requise lorsque les moteurs ont subi leur perte de puissance. Par conséquent, la procédure de rallumage soutenue par le démarreur était la seule option possible pour rétablir la puissance du moteur à cette altitude et à cette vitesse.

Les SOP indiquent qu'à la suite de la procédure de rallumage d'aide au démarreur, le moteur devrait normalement se rallumer dans les 10 secondes suivant le moment où la manette de commande carburant est réglée à RUN et que le rallumage devrait se manifester de façon évidente par une augmentation de la vitesse du générateur de gaz (Ng). Seulement 17 secondes se sont écoulées entre le moment où les moteurs ont subi la perte de puissance et le moment où l'impact a eu lieu. L'équipage n'a donc pas eu le temps de mettre en œuvre la procédure de rallumage des moteurs avant que l'aéronef ne heurte la surface de l'eau.

Dans le cas présent, il n'a pas été possible de déterminer s'il aurait été possible d'effectuer le rallumage des moteurs dans l'éventualité où les sélecteurs du circuit d'allumage avaient été réglés à CONT et les manettes de commande carburant avaient été réglées à nouveau à la position RUN, lorsque l'équipage a constaté la perte de puissance des moteurs. Le rallumage des moteurs lorsque le circuit d'allumage est réglé à CONT ne peut être possible que si le Ng est supérieur à 10 %. Il n'a pas été possible de déterminer quel était le pourcentage de Ng au moment où l'équipage s'est rendu compte de la perte de puissance des moteurs, mais celui-ci était probablement inférieur à 10 %, ce qui aurait empêché le redémarrage du moteur.

Étant donné que l'aéronef volait à une altitude insuffisante et que l'équipage ne disposait pas de suffisamment de temps pour agir, l'équipage de vol n'a été en mesure de mettre en œuvre aucune des 3 options de rallumage des moteurs avant que l'aéronef ne heurte la surface de l'eau.

2.7 **Système de mise en drapeau automatique des hélices**

La liste de vérification préalable au décollage exige que le système de mise en drapeau automatique des hélices soit armé en vue du décollage, mais il est arrivé que les moteurs atteignent le couple réglé avant que les manettes des gaz n'atteignent les interrupteurs d'activation.

Le système de mise en drapeau automatique des hélices sert principalement à réduire de façon rapide la traînée que provoque un moteur en panne, sans que l'équipage de conduite n'ait besoin de faire quoi que ce soit. Pour être certifié, l'aéronef devait être en mesure de satisfaire la pente de montée minimale au décollage, à la suite d'une panne moteur, de façon à assurer le respect des exigences de franchissement d'obstacles. L'aéronef DC3-TP67 a été certifié alors que le système de mise en drapeau automatique des hélices avait été activé en vue du décollage. Dans le cas présent, l'équipage n'avait pas armé le système de mise en drapeau automatique des hélices; il n'aurait donc pas été possible d'avoir recours au système de mise en drapeau automatique des hélices si cela avait été nécessaire.

Si le système de mise en drapeau automatique des hélices n'est pas armé, il y a un risque qu'en cas de panne moteur, l'aéronef ne soit pas en mesure de maintenir la pente de montée requise et que le franchissement d'obstacles ne soit pas garanti.

2.8 Ceintures de sécurité

L'utilisation d'une ceinture-baudrier à enrouleur à inertie permet d'assurer une meilleure répartition des forces d'impact. Il est reconnu que le port d'une ceinture abdominale et d'une ceinture-baudrier permet de réduire la gravité des blessures au torse en cas d'accident, en comparaison avec le port de la ceinture abdominale seulement. La ceinture-baudrier devrait permettre une certaine liberté de mouvement, afin de réduire la probabilité que les pilotes la détachent pendant le vol.

Toutefois, sur ce type d'aéronef, la disposition des interrupteurs et des commutateurs dans le poste de pilotage et l'emplacement des commandes (comme la poignée de commande du train d'atterrissage) peuvent faire en sorte qu'il soit difficile pour les pilotes portant une ceinture-baudrier d'atteindre les commandes du train d'atterrissage. Pourtant, si les pilotes ne portent pas les ceintures-baudriers à bord, il y a risque accru de blessures en cas d'accident.

3.0 FAITS ÉTABLIS

3.1 Faits établis quant aux causes et aux facteurs contributifs

Il s'agit des conditions, actes ou lacunes de sécurité qui ont causé l'événement ou y ont contribué.

1. Après avoir soulevé la poignée de commande du train d'atterrissage, le pilote qui n'est pas aux commandes pourrait avoir accidentellement heurté les manettes de commande carburant, pour ainsi couper l'alimentation en carburant des 2 moteurs en même temps, alors que sa main gauche était sur le bloc manette ou à proximité de celui-ci.

3.2 Faits établis quant aux risques

Il s'agit des conditions, des actes dangereux, ou des lacunes de sécurité qui n'ont pas été un facteur dans cet événement, mais qui pourraient avoir des conséquences néfastes lors de futurs événements.

1. Si le système de mise en drapeau automatique des hélices n'est pas armé, il y a un risque qu'en cas de panne moteur, l'aéronef ne soit pas en mesure de maintenir la pente de montée requise et que le franchissement d'obstacles ne soit pas garanti.
2. Si les exploitants ne respectent pas les directives des fabricants sur la modification de leurs procédures, les exploitants utiliseront des procédures d'exploitation incorrectes qui augmenteront les risques de réduire les marges de sécurité.
3. Si les pilotes ne portent pas les ceintures-baudriers à bord, il y a un risque accru de blessures en cas d'accident.

3.3 Autres faits établis

Ces éléments pourraient permettre d'améliorer la sécurité, de régler une controverse ou de fournir un point de données pour de futures études sur la sécurité.

1. Étant donné que l'aéronef volait à une altitude insuffisante et que l'équipage ne disposait pas de suffisamment de temps pour agir, l'équipage de vol n'a été en mesure de mettre en œuvre aucune des 3 options de rallumage des moteurs avant que l'aéronef ne heurte la surface de l'eau.

4.0 MESURES DE SÉCURITÉ

4.1 Mesures de sécurité prises

Le Bureau n'est pas au courant de mesures de sécurité prises à la suite de l'événement à l'étude.

Le présent rapport conclut l'enquête du Bureau de la sécurité des transports du Canada sur cet événement. Le Bureau a autorisé la publication de ce rapport le 15 juillet 2020. Le rapport a été officiellement publié le 31 août 2020.

Visitez le site Web du Bureau de la sécurité des transports du Canada (www.bst.gc.ca) pour obtenir de plus amples renseignements sur le BST, ses services et ses produits. Vous y trouverez également la Liste de surveillance, qui énumère les principaux enjeux de sécurité auxquels il faut remédier pour rendre le système de transport canadien encore plus sécuritaire. Dans chaque cas, le BST a constaté que les mesures prises à ce jour sont inadéquates, et que le secteur et les organismes de réglementation doivent adopter d'autres mesures concrètes pour éliminer ces risques.